

明 細 書

電磁式ポンプの駆動方法

技術分野

- [0001] 本発明は電磁式ポンプの駆動方法に関し、より詳細には気体、液体等の流体の輸送に使用する電磁式ポンプの駆動方法に関する。

背景技術

- [0002] 本件出願人は先に固定子側のシリンダ内に磁性材よりなる可動子を往復動自在に収容し、シリンダの周囲に嵌め込まれた単相の電磁コイルに通電することにより、可動子の移動方向両側面とシリンダの両端面との間に形成されるポンプ室のうち、一方のポンプ室において、外部から第1のバルブを通して流体を吸入し第2のバルブを通して外部へ流体を送り出し、他方のポンプ室も同様のポンプ作用をなす小型化薄型化された電磁式ポンプを提案した。電磁コイルへ通電することにより、当該電磁コイルが磁界から電磁力を受ける力の反作用として可動子がシリンダの軸線方向へ移動する(特許文献1参照)。

特許文献1:特願2002-286188 上記電磁式ポンプの駆動方法としては、電磁コイルの両端に図14に示すような方形波電圧を印加して電磁コイルを流れる電流の通電方向を切り換えて可動子を駆動する方法がある。図14において、ポンプ室に設けられた第1の吸込弁及び第1の吐出弁と、第2の吸込弁及び第2の吐出弁の開閉動作と駆動電圧との関係を示す。例えば電磁コイルに正側の方形波駆動電圧が印加されると、ポンプ室の第1の吸込弁が開放し、次いで第1の吐出弁が閉じて流体をポンプ室に流入させる。また、第2の吐出弁が開放し、次いで第2の吸込弁が閉じて流体をポンプ室から流出させる。一方、電磁コイルに負側の方形波駆動電圧が印加されると、ポンプ室の第1の吐出弁が開放し、次いで第1の吸込弁が閉じて流体をポンプ室より流出させる。また、第2の吸込弁が開放し、次いで第2の吐出弁が閉じて流体をポンプ室へ流入させる。

発明の開示

- [0003] 上記電磁式ポンプの駆動方法においては、電磁コイルにも略方形波状の電流が流

れ、可動子に発生する推力も略方形波状になる。したがって、駆動電圧の極性が正負で反転する際に、ポンプ室内に急激な圧力変動が生じて、ポンプ室の内面に作用する力の急激な変動によりシリンダ壁面が振動し、固定子側の電磁コイルに作用する電磁力の急激な変動により固定子の振動が発生する。また、第1の吸込弁及び第2の吐出弁或いは第1の吐出弁及び第2の吸込弁が開放する際にポンプ室を形成するフレーム部の係止面に勢い良く突き当たって係止する際に騒音や振動が発生する。

更に、可動子の移動に伴うポンプ室内の圧力変化により、第1の吸込・吐出弁及び第2の吸込・吐出弁の開閉が行われるが、何れの弁においても閉じた状態から開く場合より開いた状態から閉じる際に、流体が直前の流れ方向とは一時的に逆方向に流れるため若干タイミングが遅れて弁が閉まる。このとき、逆方向に流れている流体が弁に衝突して狭い流路内で瞬時に高い流体圧部分が生ずるという水撃現象が起こる。この水撃現象による騒音や振動が発生する。例えば図14に示す方形波駆動電圧を印加する駆動方法では33dBの騒音値が検出された。

本発明はこれらの課題を解決すべくなされたものであり、その目的とするところは、電磁式ポンプの駆動に際し、ポンプ室内の急激な圧力変動に伴う騒音や振動を低減した電磁式ポンプの駆動方法を提供することにある。

本発明は上記目的を達成するため、次の構成を備える。

シリンダ内に永久磁石を備えた可動子を收容し、当該シリンダの周囲に嵌め込まれた空芯の電磁コイルへ通電することにより可動子をシリンダ内で軸線方向に往復動させてシリンダ内に形成されるポンプ室より流体を輸送する電磁式ポンプの駆動方法において、電磁コイルの駆動用に正側と負側とで交互に印加されるパルス電圧の極性が反転する際の電圧変化が少なくとも正側と負側との間で連続する傾きを有するパルス電圧が印加されることを特徴とする。

また、他の方法としては、電磁コイルに通電する電流を検出して電流の極性が反転する際の電流変化が少なくとも正側と負側との間で連続する傾きを有するパルス電流が流れることを特徴とする。

また、他の方法としては、電磁コイルの駆動電圧若しくは通電電流の極性が反転す

る際に、電圧又は電流の値が零となる期間を有するパルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを特徴とする。

更に他の方法としては、電磁コイルの駆動電圧若しくは通電電流の極性が反転する際に、最大電圧値又は最大電流値の30%以下のオフセット電圧が印加され又はオフセット電流が流れるように、パルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを特徴とする。

[0004] 発明の効果

上述した電磁式ポンプの駆動方法を用いれば、電磁コイルの駆動用に正側と負側とで交互に印加されるパルス電圧の極性が反転する際の電圧変化が少なくとも正側と負側との間で連続する傾きを有するパルス電圧が印加されるか、或いは電磁コイルに通電する電流を検出して電流の極性が反転する際の電流変化が少なくとも正側と負側との間で連続する傾きを有するパルス電流が流れるように通電制御が行われるので、電磁コイルの励磁方向が急激に反転しない。したがって、可動子の移動速度を鈍らせてポンプ室の急激な圧力変動を小さくでき、ポンプ室の内面に作用する力の急激な変動によるシリンダ壁面の振動を低減できる。また、固定子側の電磁コイルに作用する電磁力の急激な変動による固定子の振動も低減できる。更に、流体の吸込弁又は吐出弁が閉じる際の逆流を小さくして水撃現象を緩和でき、騒音や振動の発生を低減できる。

また、電磁コイルの駆動電圧若しくは通電電流の極性が反転する際に、電圧又は電流の値が零となる期間を有するパルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れるようにすると、ポンプ室の流体の吸込弁又は吐出弁が閉じる速度を遅くして逆流を小さくして水撃現象を緩和でき、騒音や振動の発生を低減できる。

更には、電磁コイルの駆動電圧又は通電電流の極性が反転する際に、予め最大電圧値又は最大電流値の30%以下のオフセット電圧を印加するか又はオフセット電流が流れる期間を有するパルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることによって、極性が反転した最大電圧が印加若しくは最大電流が流れる前にポンプ室の流体の吸込弁又は吐出弁が閉じる速度を遅くして逆流を小さくして水撃現象を緩和でき、騒音や振動の発生を低減できる。無励磁状態で可動子に作用する推力の

偏りを、オフセット電圧又はオフセット電流を調整して可動子に作用する推力の方向に対し逆方向へ弱い励磁を行うことで緩和することができる。

また、電圧又は電流の値が零となる期間の前に又はオフセット電圧を印加するか又はオフセット電流が流れる期間の前に、最大電圧値又は最大電流値の30%以上の微小パルス電圧が印加され又は微小パルス電流が流れるようにすることで、直前の電磁コイルの励磁状態を弱めるための励磁時間を短縮できるので、ポンプ効率の低下を軽減できる。

図面の簡単な説明

- [0005] [図1]第1実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧波形図である。
[図2]第1実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧波形図である。
[図3]第1実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧波形図である。
[図4]第1実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧波形図である。
[図5]第2実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧又は通電電流の波形図である。
[図6]第2実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧又は通電電流の波形図である。
[図7]第3実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧又は通電電流の波形図である。
[図8]第3実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧又は通電電流の波形図である。
[図9]第3実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧又は通電電流の波形図並びに吸込弁及び吐出弁の開閉状態を示すタイミングチャートである。
[図10]第4実施例に係る電磁式ポンプの駆動電圧又は通電電流の波形図である。
[図11]図11A及び図11Bは、吐出弁の全開状態を示す説明図である。
[図12]図12A及び図12Bは、吐出弁の全閉状態を示す説明図である。
[図13]電磁式ポンプの全体構成を示す断面図である。
[図14]従来の電磁式ポンプの駆動電圧の波形図並びに吸込弁及び吐出弁の開閉状態を示すタイミングチャートである。

発明を実施するための最良の形態

- [0006] 以下、本発明に係る電磁式ポンプの駆動方法の最良の実施形態について、電磁式ポンプの構成と共に添付図面を参照しながら説明する。本実施形態の電磁式ポンプはシリンダ内に永久磁石を備えた可動子を収容し、当該シリンダの周囲に嵌め込

まれた空芯の電磁コイルへ通電することにより可動子をシリンダ内で軸線方向に往復動させてシリンダ内に形成されるポンプ室より流体を輸送する電磁式ポンプに広く適用可能である。

図13において、電磁式ポンプの代表的な構成について説明する。可動子10は密閉されたシリンダ内に收容されてシリンダの軸線方向に往復動可能に設けられている。可動子10は円板状に形成したマグネット12とマグネット12を厚さ方向に挟持する一対のインナーヨーク14a、14bとからなる。マグネット12は一方の面をN極、他方の面をS極として、厚さ方向(図13の上下方向)に磁化されている永久磁石である。インナーヨーク14a、14bは磁性材によって形成され、各々のインナーヨーク14a、14bは、マグネット12よりも若干大径に形成された平板部15aと、平板部15aの周縁部に短筒状に起立したフランジ部15bとを備える。フランジ部15bの外周面はマグネット12から発生した磁束の可動子10側の磁束作用面となる。

封止材16はマグネット12の外周側面を被覆するプラスチック等の非磁性材である。封止材16はマグネット12が錆びたりしないようマグネット12が外部に露出しないように被覆する作用と、マグネット12とインナーヨーク14a、14bとを一体に形成する作用を有する。封止材16はインナーヨーク14a、14bに挟まれたマグネット12の外周側面を充填するように設けられているが、封止材16の外周径はインナーヨーク14a、14bの外周径よりも若干小径に形成されている。

次に、図13において電磁式ポンプの固定子側の構成について説明する。一対の非磁性材からなる上フレーム体20aと下フレーム体20bとを組み合わせて円筒状のシリンダが形成され、このシリンダ内で上述した可動子10が往復動可能に收容されている。本実施形態においては、下フレーム体20bのフレーム本体22bに円筒状に形成したシリンダ部24が一体に形成されている。このシリンダ部24の端部を上フレーム体20aのフレーム本体22aに設けた嵌合溝28に嵌合させることにより、一対のフレーム体20a、20bにより軸方向両端面が閉止されたシリンダが形成される。嵌合溝28のシリンダ部24の端面が当接する部位にはシール材29が設けられており、シリンダ部24の端面をシール材29に突き当てることにより、シリンダ内が外部からシールされる。なお、上フレーム体20aからシリンダ部24を延出させて下フレーム体20bに嵌合

させることもできる。また、シリンダ部24を上フレーム体20aと下フレーム体20bとで別体に形成してもよい。

このように、シリンダの両端面は上フレーム体20aと下フレーム体20bによって閉止され、可動子10の移動方向両側面と上下フレーム体20a、20bの内壁面との間に各々ポンプ室30a、30bが形成される。ポンプ室30a、30bは可動子10の両端面と上フレーム20aのフレーム本体22a、下フレーム20bのフレーム本体22bとの間に形成される空隙部分に相当する。なお、可動子10はシリンダ部24の内面に接触した状態で、シリンダ部24と気密あるいは液密にシールした状態で摺動する。可動子10の摺動性を良好にするため、インナーヨーク14a、14bの外周面にフッ素樹脂コーティングやDLC(ダイヤモンド・ライク・カーボン)コーティング等の潤滑性と防錆力を兼ね備えたコーティングを施す。また、可動子10が周方向に回ることを防止する回り止めを設けることもできる。

フレーム本体22a、22bの端面(内壁面)にはダンパー32が取り付けられている。ダンパー32は、インナーヨーク14a、14bがフレーム本体22a、22bの端面に当接した際の衝撃を吸収するために設けられている。なお、ダンパー32はフレーム本体22a、22bの端面に設けるかわりに、インナーヨーク14a、14bの端面であって、フレーム本体22a、22bに当接する面に設けてもよい。

上フレーム20aのフレーム本体22a内には、第1の吸入用バルブ34a及び第1の吐出用バルブ36aがポンプ室30aに連通して設けられている。下フレーム20bのフレーム本体22b内には、第2の吸入用バルブ34b及び第2の吐出用バルブ36bがポンプ室30bに連通して設けられている。

上フレーム20aと下フレーム20bには、吸入用バルブ34a、34bに連通する吸入用流路38a、38bが設けられている。また、上フレーム20aと下フレーム20bには、第1、第2の吐出用バルブ36a、36bに連通する吐出用流路40a、40bが設けられている。上フレーム20aの吸入用流路38aと下フレーム20bの吸入用流路38bとは連通管42により連通しており、上フレーム20aの吐出用流路40aと下フレーム20bの吐出用流路40bとは連通管44により連通している。これによって、上フレーム20aと下フレーム20bの吸入用流路と吐出用流路が各々、一の吸入口38と一の吐出口40に連通する

。

図13において、シリンダの周囲には空芯の電磁コイル50a、50bが嵌め込まれている。電磁コイル50a、50bはシリンダの軸線方向に若干離間させ、シリンダの軸線方向の中心位置に対して均等位置となるように配置されている。電磁コイル50a、50bはインナーヨーク14a、14bのフランジ部15bの可動範囲よりも軸線長を長く設定されている。なお、電磁コイル50aと電磁コイル50bとは巻き線方向が逆向きであり、同一電源による通電によって、互いに逆向きの電流が流れるように設定されている。電磁コイル50a、50bの巻き線方向を逆向きにしているのは、マグネット12の磁束と鎖交する電磁コイル50a、50bに流れる電流に作用する力が重畳して、反力として可動子10に作用し、この力が推力になるためである。

アウターヨーク52は、電磁コイル50a、50bの外周囲を囲んで筒状に設けられている。アウターヨーク52は、磁性材が用いられ、電磁コイル50a、50bに鎖交する磁束数を増やして電磁力を効果的に可動子10に作用させるために設けられる。また、可動子10を構成するインナーヨーク14a、14bの周辺部にフランジ部15bを軸線方向に起立して設けられているので、マグネット12から発生した磁束をインナーヨーク14a、14bからアウターヨーク52に至る磁気回路の磁気抵抗を下げるができる。これにより、可動子10から作用する総磁束量を増加させる(磁路を確保する)と共に、マグネット12が発生した磁束が電磁コイル50a、50bに流れる電流と軸線方向に対して直角に鎖交させることで、可動子10に軸線方向の推力を効果的に発生させることができる。また、本構成による可動子10は発生推力に比して質量が軽くなるため、高速応答が可能となり、出力流量も増加できる。

電磁コイル50a、50bおよびアウターヨーク52は、上フレーム20aと下フレーム20bとを組み合わせる際に、上フレーム20aと下フレーム20bに設けた嵌合溝28にアウターヨーク52を嵌合させることによってシリンダ部24と同芯に組み付けることができる。

可動子10は、電磁コイル50a、50bに交番電流を通電することにより、電磁コイル50a、50bによって発生する電磁力の作用により往復駆動(上下動)される。電磁コイル50a、50bによる電磁力は、電磁コイル50a、50bへの通電方向によって可動子10を一方向と他方向へ押動するから、図示しない制御部により、電磁コイル50a、50b

への通電時間、通電方向を制御することによって可動子10を適宜ストロークで往復駆動させることができる。ダンパー32は可動子10がフレーム本体22a、22bの内面に当接した際の衝撃を吸収するものである。

本実施形態の電磁式ポンプのポンプ作用は、電磁コイル50a、50bによって可動子10を往復動させることにより、ポンプ室30a、30bに交互に流体が吸入され、吐出される作用によってなされる。すなわち、図13の状態、可動子10が下方に移動すると、一方のポンプ室30aには流体が導入され、同時に他方のポンプ室30bからは流体が吐出される。また、逆に可動子10が上方に移動すると、一方のポンプ室30aからは流体が吐出され、他方のポンプ室30bに流体が導入される。こうして、可動子10がどちらの側へ移動する際にも流体の吸排がなされ、流体の脈動を抑え、効率的に流体を輸送することが可能となる。

本実施形態の電磁式ポンプは気体あるいは液体の輸送に使用することができ、流体の種類が限定されるものではない。液体ポンプとして使用する際に、可動子10が一つでは輸送圧力が不足するような場合には、マグネット12とインナーヨーク14a、14bからなる同形の単位可動子を複数個連結した多段型の可動子10を使用すればよい。単位可動子を多段に連結することによって、大きな推力を備えた可動子とすることができ、所要の輸送圧力を備えた電磁式ポンプとすることができる。

ここで、図11A、B及び図12A、Bを参照して、第1、第2の吐出用バルブ36a、36bを構成する吐出弁55の一例について説明する。図11は吐出弁55の全開状態を示し、図12は吐出弁55の全閉状態を示す。吐出弁55は、ポンプ室30a、30bと第1、第2の吐出用流路40a、40bとの間の流路を開閉する。吐出弁55は、第1、第2の吐出用流路40a、40b側に配置された弁体56とポンプ室30a、30b側に配置されたストッパー57とが弁軸58により一体に連結されている。上述した可動子10の移動によるポンプ室30a、30bの圧力変化により吐出弁55は弁軸方向に移動するようになっている。弁体56には上下フレーム部20a、20bの一部に形成された弁座部59に着座して閉止可能な着座面(テーパ面)60が形成されている。ストッパー57は十字状に形成されており、上下フレーム部20a、20bの一部に形成された係止部61に係止するようになっている。

ストッパー57が係止部61に係止した状態では、図11Bに示す弁孔62を通して流体がポンプ室30a、30bより図11Aの矢印Pで示すように第1、第2の吐出用流路40a、40b側へ流出可能になっている。弁体56が開放する際に、ストッパー57が勢い良く係止部61に突き当たることで騒音が発生し易い。また、図12Aにおいて、弁体56が着座部59に当接した状態では、ポンプ室30a、30bと第1、第2の吐出用流路40a、40bとの流路が遮断されるようになっている。このとき、流体の流路には、弁体56の移動により図12Aの破線矢印Qに示す逆向きの流体の流れが生じて、その後弁が閉じる際に、破線矢印Q方向へ流れる流体が弁に衝突して、狭い流路内で瞬時に高い流体圧部分が生ずるという水撃現象が生じ易い。

実施例 1

[0007] 次に、上述した弁の開閉に伴う不具合を改善するため、電磁式ポンプの駆動方法の好適な実施例について図1乃至図4を参照して説明する。図1乃至図4は、各電磁コイル50a、50bの両端に印加される電圧波形を示すものである。尚、各電磁コイル50a、50bへの駆動電圧（パルス電圧）は、図示しない駆動制御回路によって生成され、例えば直流電源電圧から直流パルス電圧を生成しても良く、或いは交流電源電圧を整流してから直流パルス電圧を生成しても良い。

図1は、各電磁コイル50a、50bの駆動用に正側と負側とで交互に印加されるパルス電圧の極性が反転する際の電圧変化が少なくとも正側と負側との間で線形的に連続する傾きを有するパルス電圧が印加されることを示す。図2は、正側と負側との間で指数関数に倣って印加電圧の上限及び下限値へ滑らかに変化するパルス電圧が印加されることを示す。これにより各電磁コイル50a、50bの励磁方向が急激に反転しないため、可動子10の移動速度を鈍らせてポンプ室30a、30bの急激な圧力変動を小さくでき、ポンプ室の内面に作用する力の急激な変動によるシリンダ壁面の振動を低減でき、固定子側の電磁コイル50a、50bに作用する電磁力の急激な変動による固定子の振動も低減できる。また、流体の吸込弁又は吐出弁が閉じる際の逆流を小さくして水撃現象を緩和でき、騒音や振動の発生を低減できる。例えば、図2の駆動方法による騒音値は28dBとなり、従来(33dB)に比べて低減できた。

図3はパルス電圧のうち少なくとも正側と負側との間の励磁方向の切り換え部の傾

きを部分的に小さくしたパルス電圧を印加することで、少なくとも弁が開閉する際のポンプ室30a、30bの圧力変動を緩和するようにしたものである。図4は、図3のパルス波形に加えて励磁方向の切り換え部の傾きが線形的に異なるパルス電圧を印加するようにして、ポンプ室30a、30bの急激な圧力変動を更に緩和するようにしたものである。これにより、ポンプ室の内面に作用する力の急激な変動によるシリンダ壁面の振動を低減でき、固定子側の電磁コイル50a、50bに作用する電磁力の急激な変動による固定子の振動も低減できる。

実施例 2

[0008] 次に電磁式ポンプの駆動方法の他例について図5及び図6を参照して説明する。

図5及び図6は、各電磁コイル50a、50bの両端に印加される電圧波形又は各電磁コイル50a、50bに流れる電流波形を示すものである。図5は各電磁コイル50a、50bの駆動用に正弦波状のパルス電圧が印加されることを示す。正弦波状のパルス電圧を印加することで極性が反転する際の電圧変化が緩やかになり、可動子10の移動速度を鈍らせてポンプ室30a、30bの急激な圧力変動を小さくできる。これにより、ポンプ室の内面に作用する力の急激な変動によるシリンダ壁面の振動を低減でき、固定子側の電磁コイル50a、50bに作用する電磁力の急激な変動による固定子の振動も低減できる。例えば図5の駆動方法による騒音値は26dBとなり、図2の駆動方法より更に低減できた。

また、図6は各電磁コイル50a、50bに印加される駆動電圧 $V(t)$ の最大値を V_{\max} とすると、以下の式(1)で与えられる範囲で駆動電圧 $V(t)$ が印加されることを示す。

$$0.8 \cdot V_{\max} \cdot \sin(\omega t) < V(t) < 1.5 \cdot V_{\max} \cdot \sin(\omega t) \cdots \text{式(1)}$$

(t ; 時間、 ω ; 角速度)

図6の波形図で、破線Aは $0.8 \cdot V_{\max} \cdot \sin(\omega t)$ 、破線Bは $1.0 \cdot V_{\max} \cdot \sin(\omega t)$ 、破線Cは $1.5 \cdot V_{\max} \cdot \sin(\omega t)$ を各々示す。実線波形が駆動電圧波形である。即ち、正弦波である破線Aと破線Cとに囲まれた領域の中で連続して変化する波形となっている。 V_{\max} は正弦波電圧の最大値であるため、実際には $\pm 1.0 \cdot V_{\max}$ の範囲に制限される。このように、正弦波状のパルス電圧を印加することで極性が反転する際の電圧変化が緩やかになり、可動子10の移動速度を鈍らせてポンプ室30a、30bの急激な

圧力変動を小さくできる。また、正弦波の頭部が押し潰された電圧波形にすれば、最大電圧を抑えながらポンプ出力効率を向上させることができる。

尚、図5及び図6は電圧波形制御について説明したが、各電磁コイル50a、50bに通電する電流を検出して電流波形の極性が反転する際の電流変化が少なくとも正側と負側との間で連続する傾きを有するパルス電流が流れるように通電制御が行われるようにしても良い。また、各電磁コイル50a、50bに正弦波状のパルス電流が流れるように通電制御されるようにしても良い。更には、図6において、各電磁コイル50a、50bに流れる通電電流 $I(t)$ の最大値を I_{max} とすると以下の式(2)で与えられる範囲で通電電流 $I(t)$ が通電制御されるようにしても良い。

$$0.8 \cdot I_{max} \cdot \sin(\omega t) < I(t) < 1.5 \cdot I_{max} \cdot \sin(\omega t) \cdots \text{式(2)}$$

(t ; 時間、 ω ; 角速度)

実施例 3

[0009] 次に、電磁式ポンプの駆動方法の他例について図7乃至図9を参照して説明する。図7乃至図9は、各電磁コイル50a、50bの両端に印加される電圧波形又は各電磁コイル50a、50bを流れる電流波形を示すものである。

図7及び図8は各電磁コイル50a、50bの駆動電圧若しくは通電電流の極性が反転する際に、電圧又は電流の値が零となる期間を有するパルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを示す。図8は、零電圧又は零電流となる前後の電圧電流変化に線形的に連続する傾きを設けたものである。これにより、弁が開閉する際の速度を遅くして逆流を小さくして水撃現象を緩和でき、騒音や振動の発生を低減できる。例えば図7の駆動方法による騒音値は23dBとなり、図5の駆動方法より更に低減できた。

図9は、電圧又は電流が零になる期間の前に、最大電圧値 V_{max} 又は最大電流値 I_{max} の30%以上の微小パルス電圧が印加され又は微小パルス電流が流れるように、各電磁コイル50a、50bにパルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを示す。図9において、電圧又は電流の値が零になる期間の前に、直前の電圧又は電流とは逆向きの微小パルス電圧又は電流による励磁を行っているので、例えば第1の吐出弁と第2の吸込弁が閉まり始め、弁が完全に閉まるときは無励磁にする。これ

により、無励磁期間を短くすることができ、ポンプの効率低下を軽減できる。

実施例 4

[0010] 次に、電磁式ポンプの駆動方法の他例について図10を参照して説明する。図10は、各電磁コイル50a、50bの両端に印加される電圧波形又は各電磁コイル50a、50bを流れる電流波形を示すものである。

図10は各電磁コイル50a、50bの駆動電圧若しくは通電電流の極性が反転する際に、最大電圧値又は最大電流値の30%以下のオフセット電圧が印加され又はオフセット電流が流れるように、パルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを示す。このオフセット電圧若しくはオフセット電流により直前の電圧又は電流の向きと逆方向へ弱い励磁を行うことで、極性が反転した最大電圧 V_{max} が印加若しくは最大電流 I_{max} が流れる前に、弁が開閉する速度を遅くして逆流を小さくして水撃現象を緩和でき、騒音や振動の発生を低減できる。また、無励磁の状態でも可動子10のマグネット12と固定子側のアウターヨーク52間に吸引力が作用して可動子10に推力が発生する。この可動子10に作用する推力の影響を、オフセット電圧若しくはオフセット電流を調整して可動子10に作用する推力の方向に対し逆方向へ弱い励磁を行うことで緩和することもできる。

図10において、オフセット電圧が印加され又はオフセット電流が流れる期間の前に、最大電圧値又は最大電流値の30%以上の微小パルス電圧が印加され又は微小パルス電流が流れるようにしても良い(図10の一点鎖線参照)。この場合には、可動子10に作用する推力の影響を緩和する他に、可動子10の移動終端を除く移動速度を低下させずに移動させることができる。

尚、図1に示す電磁式ポンプは、可動子10の一方側と他方側に設けられた吸入用流路38a、38bを連通し、可動子10の一方側と他方側に設けられた吐出用流路40a、40bを連通して、いわば、並列的に流路を連通させた例であるが、複数の電磁式ポンプを直列に流路を連通して使用することも可能である。この場合は、吐出用流路40aを吸入用流路38bに連通するか、吐出用流路40bを吸入用流路38aに連通させればよい。また、複数のポンプ室30a、30bに各々吸入用バルブ34a、34b及び吐出用バルブ36a、36bが設けられていたが、ポンプ室と吸入用バルブ及び吐出用バル

ブが1箇所設けられた電磁式ポンプであっても良い。

請求の範囲

- [1] シリンダ内に永久磁石を備えた可動子を収容し、当該シリンダの周囲に嵌め込まれた空芯の電磁コイルへ通電することにより可動子をシリンダ内で軸線方向に往復動させてシリンダ内に形成されるポンプ室より流体を輸送する電磁式ポンプの駆動方法において、

前記電磁コイルの駆動用に正側と負側とで交互に印加されるパルス電圧の極性が反転する際の電圧変化が少なくとも正側と負側との間で連続する傾きを有するパルス電圧が印加されることを特徴とする電磁式ポンプの駆動方法。

- [2] 前記電磁コイルの駆動用に正弦波状のパルス電圧が印加されることを特徴とする請求項1記載の電磁式ポンプの駆動方法。

- [3] 前記電磁コイルに印加される駆動電圧 $V(t)$ の最大値を V_{\max} とすると、以下の式(1)で与えられる範囲で駆動電圧 $V(t)$ が印加されることを特徴とする請求項1記載の電磁式ポンプの駆動方法。

$$0.8 \cdot V_{\max} \cdot \sin(\omega t) < V(t) < 1.5 \cdot V_{\max} \cdot \sin(\omega t) \cdots \text{式(1)}$$

(t ; 時間、 ω ; 角速度)

- [4] シリンダ内に永久磁石を備えた可動子を収容し、当該シリンダの周囲に嵌め込まれた空芯の電磁コイルへ通電することにより可動子をシリンダ内で軸線方向に往復動させてシリンダ内に形成されるポンプ室より流体を輸送する電磁式ポンプの駆動方法において、

前記電磁コイルに通電する電流を検出して電流の極性が反転する際の電流変化が少なくとも正側と負側との間で連続する傾きを有するパルス電流が流れることを特徴とする電磁式ポンプの駆動方法。

- [5] 前記電磁コイルに正弦波状のパルス電流が流れるように通電制御されることを特徴とする請求項4記載の電磁式ポンプの駆動方法。

- [6] 前記電磁コイルに流れる通電電流 $I(t)$ の最大値を I_{\max} とすると以下の式(2)で与えられる範囲で通電電流 $I(t)$ が通電制御されることを特徴とする請求項4記載の電磁式ポンプの駆動方法。

$$0.8 \cdot I_{\max} \cdot \sin(\omega t) < I(t) < 1.5 \cdot I_{\max} \cdot \sin(\omega t) \cdots \text{式(2)}$$

(t ; 時間、 ω ; 角速度)

- [7] シリンダ内に永久磁石を備えた可動子を收容し、当該シリンダの周囲に嵌め込まれた空芯の電磁コイルへ通電することにより可動子をシリンダ内で軸線方向に往復動させてシリンダ内に形成されるポンプ室より流体を輸送する電磁式ポンプの駆動方法において、

前記電磁コイルの駆動電圧若しくは通電電流の極性が反転する際に、電圧又は電流の値が零となる期間を有するパルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを特徴とする電磁式ポンプの駆動方法。

- [8] 電圧若しくは電流の値が零となる期間の前に、最大電圧値又は最大電流値の30%以上の微小パルス電圧が印加され又は微小パルス電流が流れるように、パルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを特徴とする請求項7記載の電磁式ポンプの駆動方法。

- [9] シリンダ内に永久磁石を備えた可動子を收容し、当該シリンダの周囲に嵌め込まれた空芯の電磁コイルへ通電することにより可動子をシリンダ内で軸線方向に往復動させてシリンダ内に形成されるポンプ室より流体を輸送する電磁式ポンプの駆動方法において、

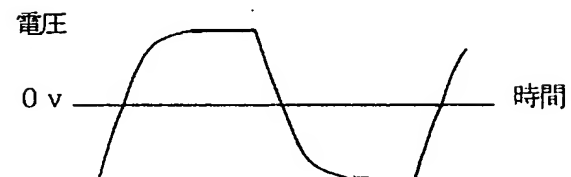
前記電磁コイルの駆動電圧若しくは通電電流の極性が反転する際に、最大電圧値又は最大電流値の30%以下のオフセット電圧が印加され又はオフセット電流が流れるように、パルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを特徴とする電磁式ポンプの駆動方法。

- [10] オフセット電圧が印加され又はオフセット電流が流れる期間の前に、最大電圧値又は最大電流値の30%以上の微小パルス電圧が印加され又は微小パルス電流が流れるように、パルス電圧が印加されるか又はパルス電流が流れることを特徴とする請求項9記載の電磁式ポンプの駆動方法。

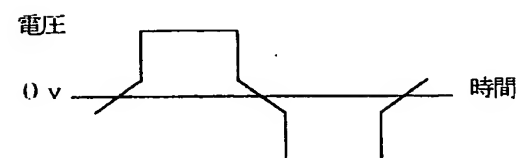
[図1]



[図2]



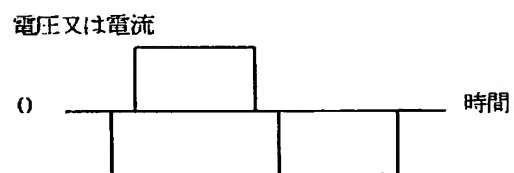
[図3]



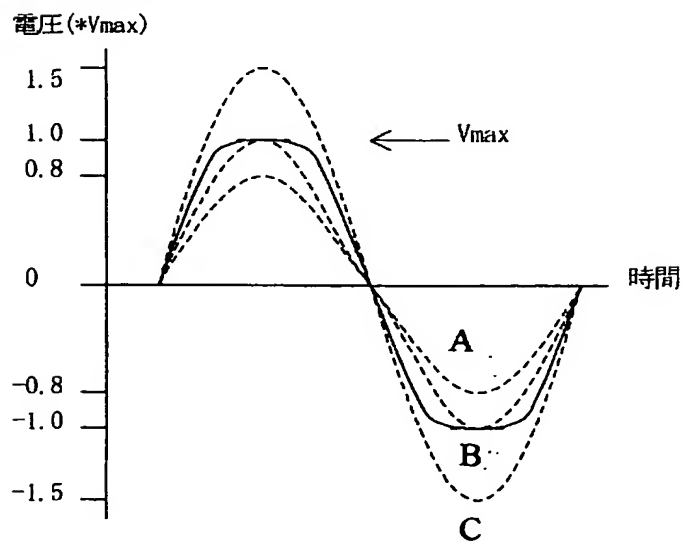
[図4]



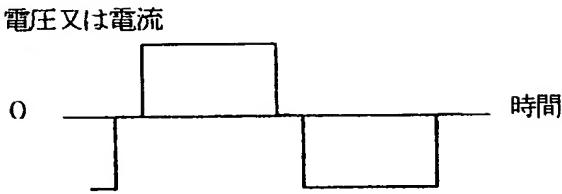
[図5]



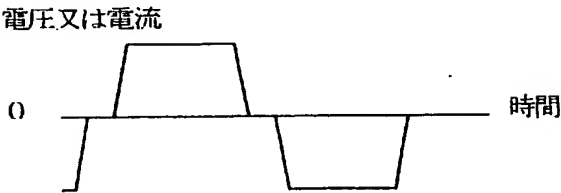
[図6]



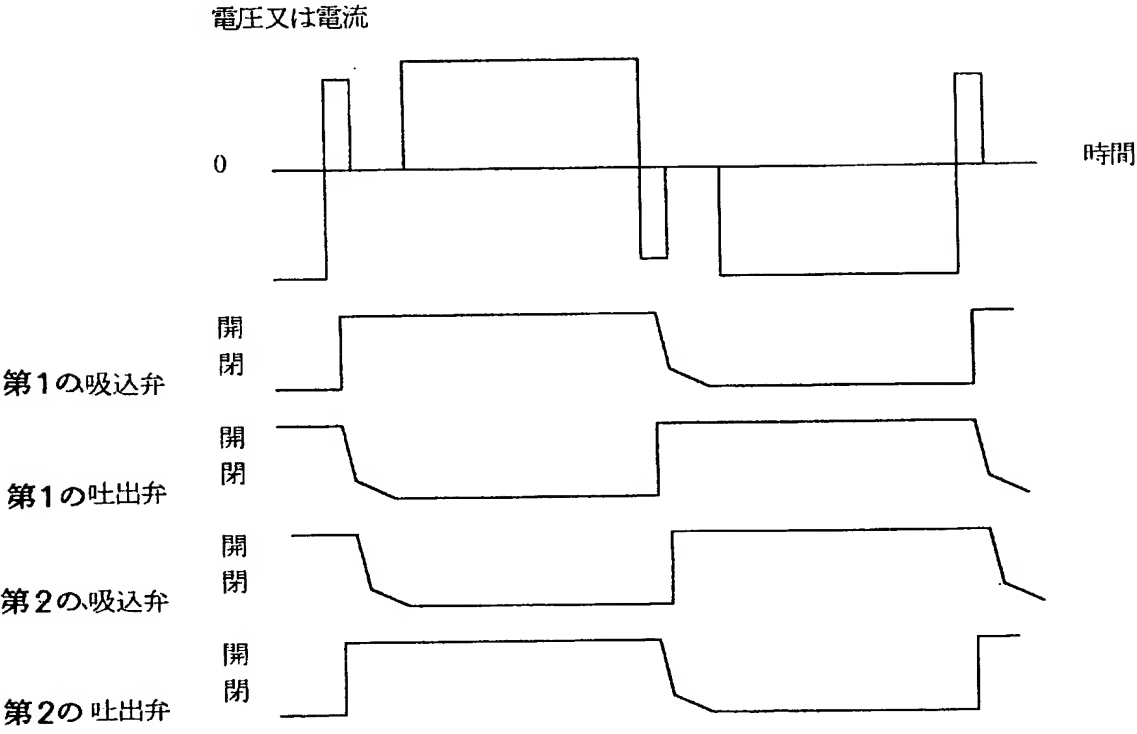
[図7]



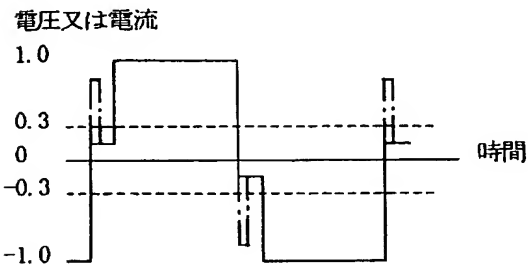
[図8]



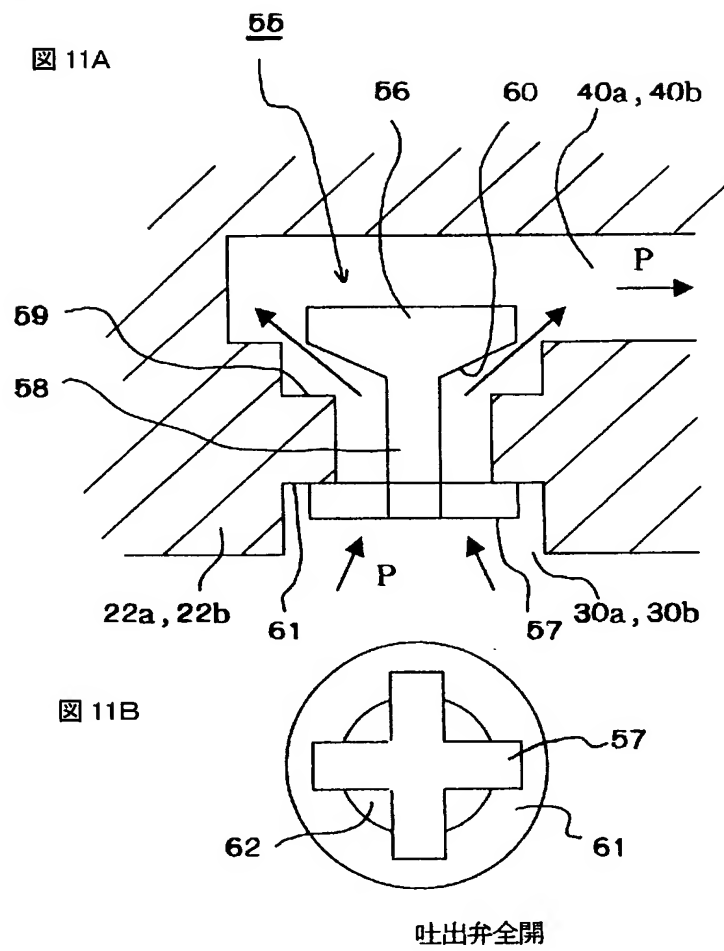
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]

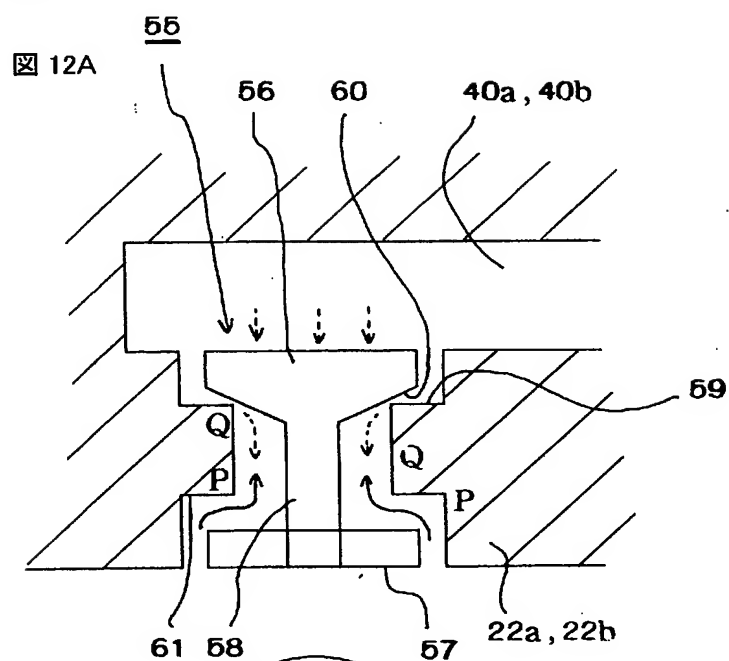
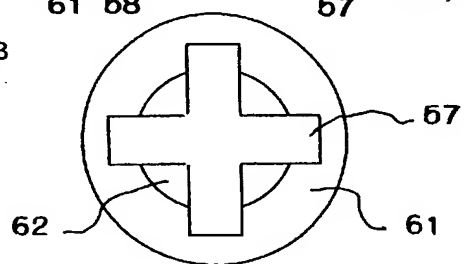
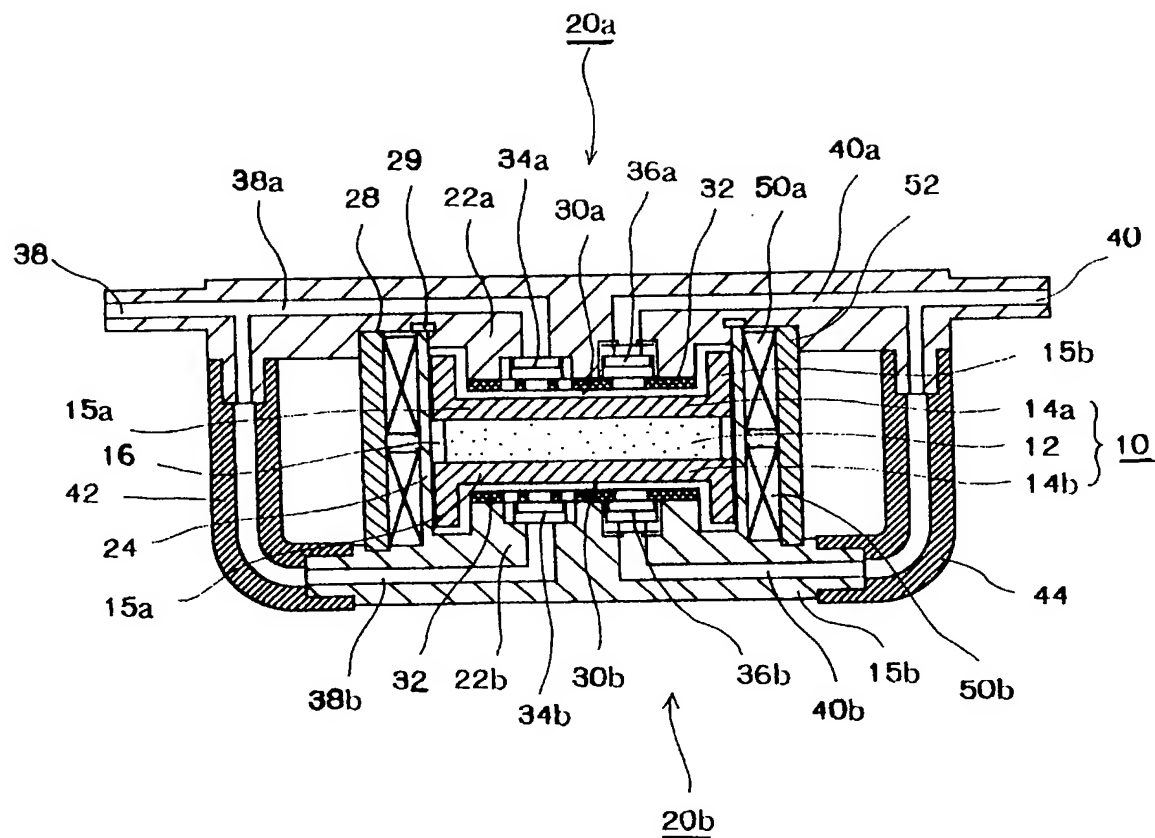


図 12B

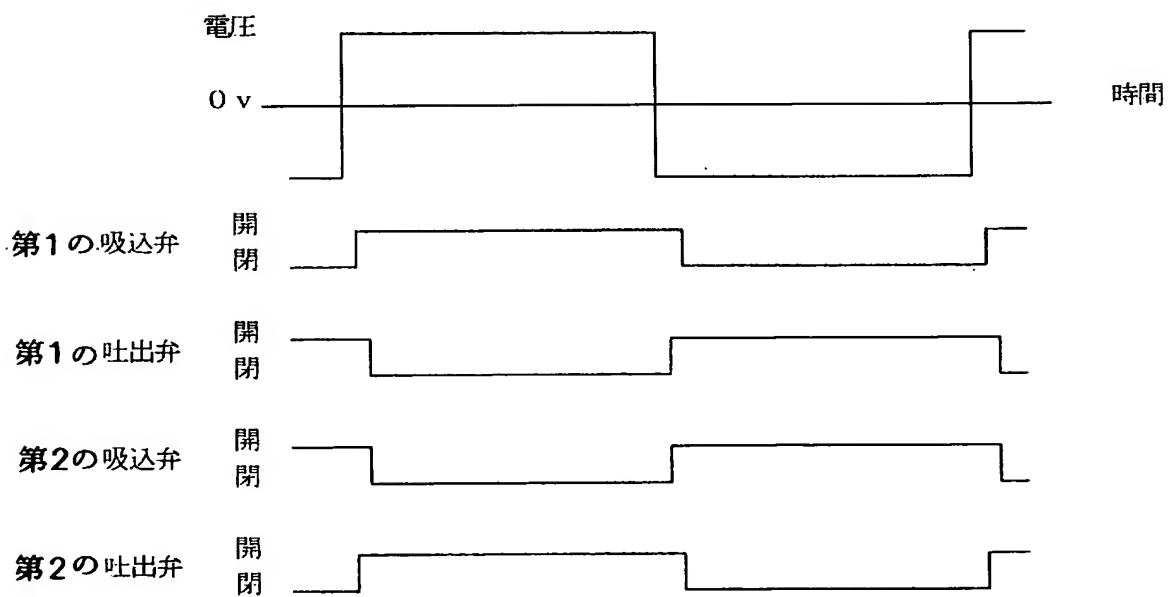


吐出弁全閉

[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012931

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F04B17/04, F04B49/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F04B17/04, F04B49/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 3363931 B2 (TDK Corp.), 08 January, 2003 (08.01.03), Par. No. [0006]; Fig. 1 & EP 605903 A1 & US 5472323 A1	1-3 4-10
Y	JP 9-126147 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 13 May, 1997 (13.05.97), Par. Nos. [0018] to [0022]; Fig. 1 (Family: none)	4-6
Y	JP 3-31913 B2 (Nippondenso Co., Ltd.), 09 May, 1991 (09.05.91), Column 1, lines 2 to 10; Figs. 7, 10 (Family: none)	7-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 December, 2004 (01.12.04)

Date of mailing of the international search report
14 December, 2004 (14.12.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012931

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2-27168 A (Hitachi, Ltd.), 29 January, 1990 (29.01.90), (Family: none)	1-10
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 159657/1977 (Laid-open No. 85404/1979) (Hitachi Metals, Ltd.), 16 June, 1979 (16.06.79), (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F04B17/04, F04B49/06

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F04B17/04, F04B49/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 3363931 B2 (ティーディーケー株式会社) 200 3.01.08, 段落【0006】, 図1 & EP 60590 3 A1 & US 5472323 A1	1-3 4-10
Y	JP 9-126147 A (三洋電機株式会社) 1997.05. 13, 段落【0018】-【0022】, 図1 (ファミリーなし)	4-6
Y	JP 3-31913 B2 (日本電装株式会社) 1991.05. 09, 第1欄第2-10行, 第7図, 第10図 (ファミリーなし)	7-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.12.2004

国際調査報告の発送日

14.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

亀田 貴志

3T

3327

電話番号 03-3581-1101 内線 3394

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2-27168 A (株式会社日立製作所) 1990. 01. 29 (ファミリーなし)	1-10
A	日本国実用新案登録出願52-159657号 (日本国公開実用新案公報54-85404号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム (日立金属株式会社) 1979. 06. 16 (ファミリーなし)	1-10